

УДК 621.777

РАСЧЕТ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ И ВОЛОЧЕНИЯ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ СПЛАВОВ ЗОЛОТА 585 ПРОБЫ

Феськов Е.В.

научный руководитель профессор, доктор техн. наук Сидельников С.Б.

Сибирский федеральный университет

С появлением новых сплавов золота 585 пробы возникла необходимость в разработке технологических режимов изготовления изделий из них. В данной работе анализируется технологический процесс получения проволоки применительно к оборудованию имеющемуся на заводе ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова».

В структуре изготовления ювелирных изделий из сплавов, имеющих повышенные механические свойства, определяющим этапом является создание технологических режимов их обработки.

Технологическая схема производства литых и деформированных полуфабрикатов для производства проволоки из сплавов благородных металлов и их сплавов содержит в качестве основных операций непрерывное литье заготовки, сортовую прокатку и волочение проволоки на заданный диаметр. При изготовлении цепочек используется проволока диаметром 0,25 – 0,35 мм.

Для сортовой прокатки применяют прокатный стан AMBIFILO VELOCE ROSEN 180+200×Ø130. Технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики сортового прокатного стана

Наименование параметра	Величина параметра
Длина бочки валков, мм	200 + 180
Диаметр валков, мм	130
Скорость прокатки, м/мин	12,5 + 26
Максимальный момент прокатки, МН	0,08
Мощность электродвигателя	4,8 – 7,5 и 0,25 кВт

Методика расчета деформационных режимов холодной сортовой прокатки разработана на основе рекомендаций, приведенных в работе В.К. Смирнова, В.А. Шилова, Ю.В. Инатовича «Калибровка прокатных валков» М.: Металлургия, 2008. Вычисления проводили для следующих условий обработки:

- прокатка исходного слитка диаметром 8 мм до квадратного прутка сечением 5,7×5,7 мм;
- отжиг заготовки;
- прокатка до размера 1,0×1,0 мм.

Рассчитанные, по данной методике, маршрут и энергосиловые условия сортовой прокатки для обработки новых сплавов золота 585 пробы представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Режим сортовой прокатки и силовые параметры процесса

Переход	Сторона калибра, мм	λ_{Σ}^*	ω , мм ²	F_k , мм ²	A	λ	1/ η	H _к , мм	B _к , мм	$\epsilon_{ед}$, %	ϵ_{Σ} , %	σ , МПа	P, МН
1 группа клетей													
1	7,7 x 7,7	1,08	47,43	143,31	14,48	1,08	1,04	8,4	8,70	5,59	5,59	474,38	0,088
2	6,8 x 6,8	1,38	36,99	113,29	16,13	1,28	1,17	7,59	8,90	22,01	26,37	608,64	0,090
3	5,7 x 5,7	1,97	25,99	85,00	19,19	1,42	1,19	6,44	7,68	29,74	48,26	726,75	0,080
4	5,3 x 5,3	1,16	22,47	76,56	20,42	1,16	1,12	6,07	6,80	13,54	13,54	528,32	0,053
2 группа клетей**													
5	5,0 x 5,0	1,30	20,00	70,79	21,85	1,12	1,10	5,69	6,25	11,00	23,05	588,66	0,054
6	4,6 x 4,6	1,54	16,93	63,77	23,81	1,18	1,16	5,24	6,08	15,36	34,87	657,36	0,054
7	4,2 x 4,2	1,84	14,11	57,44	25,69	1,20	1,10	4,87	5,38	16,64	45,71	714,19	0,053
8	4,0 x 4,0	2,03	12,80	54,52	27,89	1,10	1,09	4,5	4,92	9,30	50,75	738,67	0,052
9	3,6 x 3,6	2,51	10,37	49,11	29,81	1,23	1,14	4,22	4,81	19,00	60,11	780,66	0,050
10	3,2 x 3,2	3,17	8,19	44,24	33,95	1,27	1,10	3,72	4,11	20,99	68,48	814,53	0,047
11	3,0 x 3,0	3,61	7,20	41,99	36,46	1,14	1,14	3,47	3,95	12,11	72,30	828,81	0,045
12	2,7 x 2,7	4,46	5,83	38,82	40,27	1,23	1,18	3,15	3,72	19,00	77,56	847,30	0,043
13	2,5 x 2,5	5,20	5,00	36,85	43,52	1,17	1,11	2,92	3,24	14,27	80,76	857,87	0,041
14	2,3 x 2,3	6,14	4,23	34,97	46,27	1,18	1,09	2,75	2,99	15,36	83,72	867,17	0,039
15	2,2 x 2,2	6,71	3,87	34,07	50,18	1,09	1,11	2,54	2,83	8,51	85,10	871,38	0,039
16	2,0 x 2,0	8,12	3,20	32,34	52,50	1,21	1,11	2,43	2,7	17,36	87,69	878,98	0,037
17	1,5 x 1,5	14,44	1,80	28,38	70,04	1,78	1,08	1,83	1,98	43,75	93,07	893,75	0,033
18	1,4 x 1,4	16,58	1,57	27,64	80,76	1,15	1,08	1,59	1,71	12,89	93,97	896,06	0,032
19	1,3 x 1,3	19,22	1,35	26,93	88,04	1,16	1,08	1,46	1,58	13,78	94,80	898,17	0,031
20	1,2 x 1,2	22,56	1,15	26,24	89,28	1,17	1,08	1,44	1,56	14,79	95,57	900,09	0,031

Примечание: * - λ_{Σ} - суммарная вытяжка; ω - площадь поперечного сечения полосы; F_k - контактная площадь; A - приведенный диаметр; λ - вытяжка; 1/ η -коэффициент уширения; H_к - высота; B_к - ширина; $\epsilon_{ед}$ - единичная степень деформации; ϵ_{Σ} - суммарная степень деформации; σ - сопротивление деформации; P-сила прокатки; ** - проведен отжиг квадратного прутка сечением 5,7×5,7 мм.

Графическое изображение изменений параметров прокатки по предлагаемому режиму представлено на рисунках 1-2. Проведя анализ графических зависимостей заводского режима (28 переходов) можно отметить, что распределение деформаций по проходам весьма неравномерно, что неблагоприятно сказывается на обработке металла, ведет к повышению силовой загрузки оборудования и появлению трещин на прутке при прокатке. Предлагаемый режим включающий 20 переходов позволяет повысить качество получаемого полуфабриката и снизить силовую нагрузку оборудования.

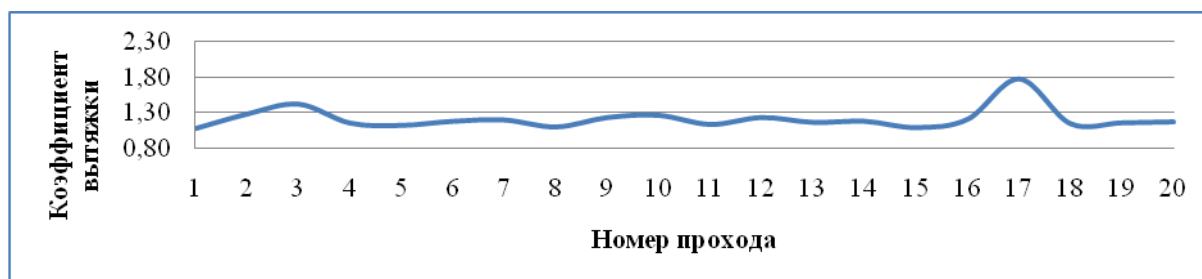


Рис. 1. Распределение единичного коэффициента вытяжки $\lambda_{ед}$ по проходам

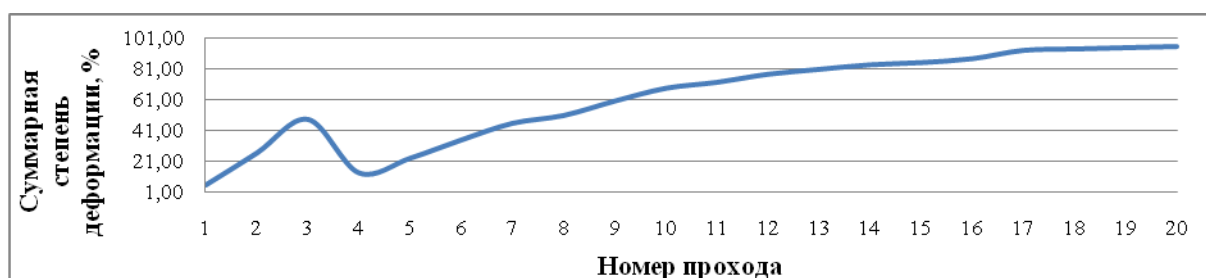


Рис. 2. Распределение суммарной степени деформации $\epsilon_{\text{сум}}$ по проходам

Суммарные степени деформации (рис. 2) имеют следующие значения: 48,26% и 95,57% соответственно по клетям, что в целом соответствует пластическим характеристикам обрабатываемого сплава. Анализ результатов показывает, что новые режимы прокатки прутка квадратного сечения размерами 1,0 x 1,0 мм (табл. 2) из непрерывнолитой заготовки диаметром 8 мм из новых сплавов золота 585 пробы, позволяет существенно снизить неравномерность деформации при прокатке, уменьшить количество переходов, и при этом выполнить ограничения по силовой нагрузке оборудования.

Изменения усилия прокатки по проходам показано на рисунке 3. Так как расчетные значения силы прокатки не превышают допускаемого, задаваемые степени деформации можно считать применимыми с позиций выполнений ограничений по силовой нагрузке.

Можно отметить, что усилие в первых проходах достаточно высокое, а затем снижается, что можно объяснить уменьшением площади поперечного сечения полуфабриката, а значит и уменьшением площади контакта металла с валками.

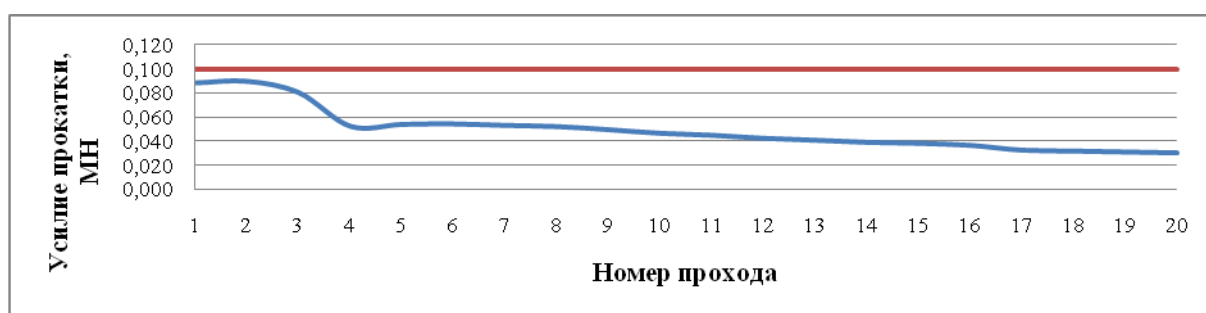


Рис. 3. Изменение силы прокатки по проходам

Из вышеприведенной графической зависимости видно, что распределение силовых нагрузок можно считать относительно равномерным.

Конечным этапом получения проволоки является процесс волочения. Маршрут волочения выбирается заранее и зависит от конечного диаметра проволоки и механических свойств материала. Волочение осуществляется на волочильном стане до конечного размера проволоки 0,25 – 0,35 мм.

Для волочения используется многократный стан со скольжением итальянской фирмы Mario Di Maio – T10 NFS. Технические характеристики представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики волочильного стана

Наименование параметра	Величина параметра
Мощность основного двигателя, кВт	5,5
Число переходов	10
Скорость намотки, м/мин	0÷250
Стабильное удлинение проволоки, %	13
Максимально допустимый диаметр заготовки, мм	1,00
Минимально допустимый диаметр проволоки, мм	0,15

Маршрут волочения приведен в таблице 4. Следует отметить высокую суммарную степень деформации при волочении (93,86%). При такой суммарной

степени деформации возможен обрыв проволоки, что характерно для проволок тонких сечений.

Таблица 4 – Маршрут волочения проволоки

№ перехода	α , мм	F, мм ²	$\epsilon_{ед}$, %	$\epsilon_{сум}$, %	$\lambda_{ед}$	$\lambda_{сум}$	σ_b , МПа	P _В , МН
1	1,00	0,7854	1,83	1,83	1,02	1,02	447,75	9,73
2	0,90	0,6362	19,00	20,48	1,23	1,26	572,75	127,23
3	0,80	0,5027	20,98	37,16	1,27	1,59	669,86	133,15
4	0,70	0,3848	23,45	51,90	1,31	2,08	744,04	130,61
5	0,60	0,2827	26,53	64,66	1,36	2,83	799,51	121,54
6*	0,50	0,1963	30,56	75,46	1,44	4,08	840,09	108,07
7	0,45	0,1590	19,00	80,13	1,23	5,03	855,80	47,53
8	0,40	0,1257	20,94	84,29	1,26	6,36	868,91	43,08
9	0,35	0,0962	23,47	87,98	1,31	8,32	879,81	38,64
10	0,30	0,0707	26,51	91,16	1,36	11,32	888,67	33,74
11	0,25	0,0491	30,55	93,86	1,44	16,29	895,79	28,81

Примечание: α – диаметр волоки; F – площадь поперечного сечения; $\epsilon_{ед}$ – единичная степень деформации; $\epsilon_{сум}$ – суммарная степень деформации; $\lambda_{ед}$ – единичная вытяжка; $\lambda_{сум}$ – суммарная вытяжка; σ_b – сопротивление деформации; P_В – сила волочения; * – проведен отжиг проволоки.

Распределение коэффициентов вытяжки по переходам представлено на рисунке 4.

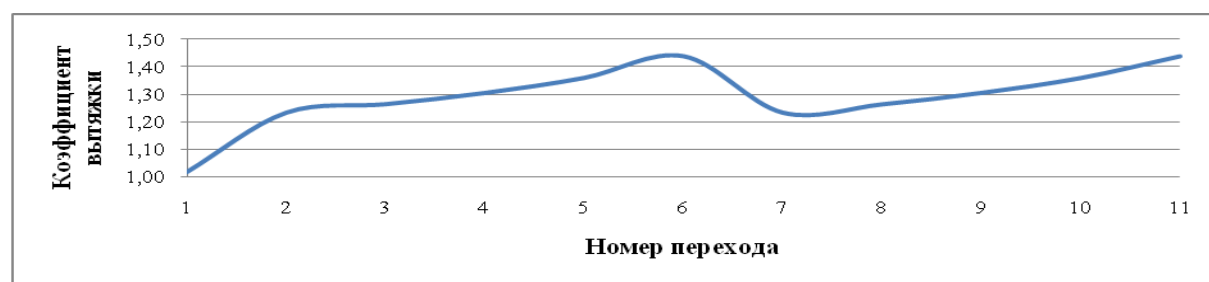


Рис. 4. Изменение силы волочения по переходам

Усилие волочения изменяется согласно графику, представленному на рисунке 5. С уменьшением площади поперечного сечения усилие уменьшается.

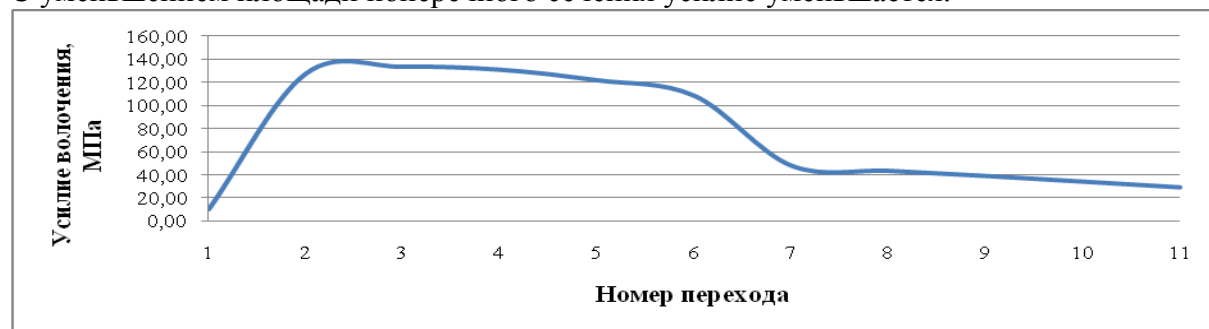


Рис. 5. Усилие волочения

Таким образом, в результате проведенных исследований проанализированы режимы сортовой прокатки и волочения, используемые для получения проволоки из новых сплавов золота 585 пробы. Рассчитаны силовые параметры прокатки и волочения проволоки. Предложены новые режимы деформации, позволяющие снизить количество проходов сортовой прокатке с 28 до 20 по сравнению с заводским аналогом. Предлагаемый режим обеспечивает получение качественных деформированных полуфабрикатов и рекомендуется для внедрения на ОАО «Красноярский завод цветных металлов имени В. Н. Гулидова» для получения деформированных полуфабрикатов из новых сплавов золота 585 пробы.